

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

5  
ST 45  
1-5-01

**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application of

Hiroshi NARAI, et al.

Appln. No.: 09/617,310

Filed: July 14, 2000



Group Art Unit: 3682

Examiner: NOT YET ASSIGNED

For: TOROIDAL-TYPE CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION COMPONENT  
AND METHOD FOR EVALUATING THE SAME

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,



Darryl Mexic  
Registration No. 23,063

SUGHRUE, MION, ZINN,  
MACPEAK & SEAS, PLLC  
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20037-3212  
Telephone: (202) 293-7060  
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: JP P.Hei. 11-200409

DM/alb

Date: November 6, 2000

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 7月14日



出願番号  
Application Number:

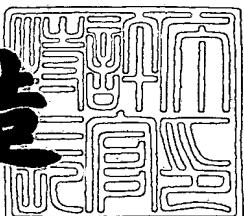
平成11年特許願第200409号

出願人  
Applicant(s):

日本精工株式会社

特許庁長官  
Commissi ner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3066126

**【書類名】** 特許願  
**【整理番号】** A009903409  
**【提出日】** 平成11年 7月14日  
**【あて先】** 特許庁長官 殿  
**【国際特許分類】** G01N 29/10  
**【発明の名称】** 高信頼性C V T用部材及びその評価方法  
**【請求項の数】** 2  
**【発明者】**  
**【住所又は居所】** 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内  
**【氏名】** 奈良井 弘  
**【発明者】**  
**【住所又は居所】** 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内  
**【氏名】** 鎌村 企久彰  
**【特許出願人】**  
**【識別番号】** 000004204  
**【氏名又は名称】** 日本精工株式会社  
**【代理人】**  
**【識別番号】** 100058479  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 鈴江 武彦  
**【電話番号】** 03-3502-3181  
**【選任した代理人】**  
**【識別番号】** 100084618  
**【弁理士】**  
**【氏名又は名称】** 村松 貞男  
**【選任した代理人】**  
**【識別番号】** 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9714249

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 高信頼性CVT用部材及びその評価方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 トロイダル無段変速機に用いられる鋼からなる摺動部材であって、表面から0.5mm以内に最大径0.1mm以上の非金属介在物を含まないことを特徴とする高信頼性CVT用部材。

【請求項2】 トロイダル無段変速機に用いられる鋼からなる摺動部材と超音波探傷用探触子を超音波伝達媒体中に配置し、該超音波探傷用探触子から媒体を介して摺動部材に向けて超音波を発振し、摺動部材から反射される超音波エコーの波形に基づき摺動部材の表面および内部に存在する欠陥を評価する方法において、

斜角探傷法および垂直探傷法のうち少なくとも一方により5MHz以上30MHz以下の周波数の超音波を摺動部材に発振し、摺動部材から反射される超音波エコーの波形に基づき摺動部材の表面から0.5mm以内に存在する非金属介在物を検出し、検出された非金属介在物の最大径が0.1mm以上であるときは該摺動部材を不合格とすることを特徴とする高信頼性CVT用部材の評価方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、トロイダル無段変速機(CVT)に用いられるディスクおよびパワーローラ軸受などの高信頼性CVT用部材及びその評価方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

CVTディスクおよびパワーローラーは、その使用環境が高荷重、高面圧であり、かつ重要保安部品と位置づけられるため、割損および短時間での剥離を防止するため、転がり軸受用高清浄度鋼を適用することがおこなわれている。こうした高清浄度鋼においては転がり軸受の長寿命化および高信頼性化を目的として、一定の被検面積(又は体積)中の酸化物系介在物の粒子径分布(個数および大きさ)を制限する観点から、例えば特開平3-56640号公報、特開平7-10

9541号公報、特開平5-117804号公報、および特開平6-192790号公報など多くの提案がなされている。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来、軸受リングの内部欠陥を検査する超音波探傷方法としては、軸受リング用鋼材の製鋼工程にて圧延後の鋼材を水中または台上で外周面から内部へ超音波を伝達させてこのリング探傷を行なう垂直探傷法が知られている（特殊鋼46巻6号、第31頁、（社）特殊鋼倶楽部）。

## 【0004】

ところで、転がり軸受用の高清浄度鋼は、欠陥の原因となる非金属介在物を除去するために高度に管理されたラインで製造されているにもかかわらず、実際には欠陥を皆無にすることはできない。高清浄度鋼であっても極めて稀には突発的に欠陥が発生することがあり、これを完全に防止することはできない。特に表面近傍に存在する大型介在物は、CVTディスクでは曲げ疲労破壊の起点となることから本来あってはならないものである。このためCVTディスクやパワーローラは全数検査する必要がある。

## 【0005】

しかしながら上記の従来技術は、鋼材内部のブローホールや圧延での鋼材の未圧着部分等の内部欠陥を検出することを主目的とするものであり、鋼材表面近傍の欠陥とくに数 $100\mu m$ 程度の大型の非金属介在物を検出することを目的とするものではない。これは鋼材表面が圧延されたままの粗い状態であるため、超音波探傷では鋼材表面直下の不感帯が大きくなるとともに、更に、鋼材には曲がりやねじれ等があるため鋼材と探触子との距離を一定に保つことは困難であり、とくに表面近傍の微小欠陥の検出は不可能であるからである。また、直徑 $100mm$ を超えるような太径の鋼材の内部を探傷する場合においては、超音波の減衰による感度の低下を防ぐために探傷周波数を低くする必要があるので、数mm程度の大きさの大型欠陥しか検出することができないからである。

## 【0006】

一方、転動体の超音波探傷検査は、表面きずや極最表面の欠陥を効率よく検出

することを主目的とするものであり、例えば50～150MHzのような高い周波数の超音波を利用することにより例えば0.01mm(10μm)程度までの大きさの微小な非金属介在物を検出することが可能となってきている。

## 【0007】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであって、摺動面に剥離を生じ難い長寿命の高信頼性CVT部材を提供することを目的とし、また、CVT構成部材の表面直下領域に存在する非金属介在物を高精度に検出することができる高信頼性CVT部材の評価方法を提供することを目的とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

本発明に係る高信頼性CVT用部材は、トロイダル無段変速機に用いられる鋼からなる摺動部材であって、表面から0.5mm以内に最大径0.1mm以上の非金属介在物を含まないことを特徴とする。

## 【0009】

本発明に係る高信頼性CVT用部材の評価方法は、トロイダル無段変速機に用いられる鋼からなる摺動部材と超音波探傷用探触子を超音波伝達媒体中に配置し、該超音波探傷用探触子から媒体を介して摺動部材に向けて超音波を発振し、摺動部材から反射される超音波エコーの波形に基づき摺動部材の表面および内部に存在する欠陥を評価する方法において、斜角探傷法および垂直探傷法のうち少なくとも一方により5MHz以上30MHz以下の周波数の超音波を摺動部材に発振し、摺動部材から反射される超音波エコーの波形に基づき摺動部材の表面から0.5mm以内に存在する非金属介在物を検出し、検出された非金属介在物の最大径が0.1mm以上であるときは該摺動部材を不合格とすることを特徴とする。

## 【0010】

本発明者らはCVT部品(ディスクおよびパワーローラー)の摺動面直下に存在する非金属介在物を高精度に検出する方法につき銳意研究努力した結果、表面から0.5mm以内においては100μm程度のマクロ介在物であっても、CVTディスクやパワーローラー軸受の場合にはこれが曲げ疲労破壊の起点となりう

るという知見を得た。すなわち、CVTディスクの破面観察より得られた欠陥サイズと破損寿命との関係を整理すると図5に示す結果が得られ、表面からの欠陥の位置と破損寿命との関係を整理すると図6に示す結果が得られた。図5から明らかなように、表面から0.5mm位置での欠陥（非金属介在物）のサイズが100μmを上回ると部品の破損寿命が急激に低下することが判明した。また、図6から明らかなように、最大径100μmの欠陥（非金属介在物）の位置が表面から0.4～0.5mmを上回ると部品の破損寿命が急激に向上することも判明した。これらのことから欠陥サイズ100μm以上の欠陥が表面から0.4～0.5mm以内の位置に存在しない部品では破損寿命が長くなることが確認された。

#### 【0011】

一方、本発明者らはCVTディスクやパワーローラ軸受を評価する方法として超音波探傷法の改良につき銳意努力した結果、10MHz程度の周波数であっても、表面近傍領域を伝播する超音波（表面波）を利用することにより、従来の理論的検出限界（1/2波長）を超える100μm以下の大型介在物をも、表面から0.5ミリ以内の表面波到達深さ以内であれば検出可能であるという知見を得た。すなわち、超音波探傷の技術は鉄鋼材料の内部欠陥の保証技術として広く用いられているものの、周波数が5MHz以下であり、探傷方法としては斜角探傷法および垂直探傷法であり、対象となる欠陥サイズも1mmを越える地キズであった。さらに、表面直下領域（極表面）は鋼材の表面粗さの影響を受けて不感帯となり、探傷精度が大幅に低下するという問題がある。

#### 【0012】

さらに、より高周波垂直探傷法を用いて検出精度を上げるという試みも行われている（CAMP-ISIJ Vol.12(1999)-437）ものの、極表面近傍が不感帯となるだけでなく、超音波の減衰が著しく、深部の探傷が行えないという問題がある。

#### 【0013】

本発明者らは、こうした従来の超音波探傷法の不都合を解決するために、5MHzから30MHzまでの周波数を用いて、斜角探傷法と垂直探傷法を組み合わせることにより軸受全断面の探傷を可能にする高信頼性CVT用部材の評価方法

を完成させるに至った。さらにその後の改良により、本発明者らは表面から0.5 mm以内の表面近傍領域では、30 MHzを超える高周波の超音波を用いなくても100  $\mu$ m以下の介在物を検出できるという知見を得ている（特願平10-146180号）。なお、超音波の周波数が5 MHzを下回ると小さな欠陥を検出することが極めて困難になるので、周波数の下限値は5 MHzとする。一方、超音波の周波数が30 MHzを上回ると超音波の減衰が大きくなってしまい全断面の探傷が困難になるので、周波数の上限値は30 MHzとする。

#### 【0014】

表1に、10 MHzの探傷周波数を用いた斜角表面波法によりCVTディスクから検出した欠陥（非金属介在物）の大きさと位置を示す。なお、欠陥の大きさと位置は、欠陥検出部位の追い込み研削により特定した。

#### 【0015】

本発明の主題は上述のCVTパワーディスク特有の曲げ疲労破損の問題に対して斜角表面波法の特徴を適用することに向けられたものであり、本発明により100  $\mu$ m以上の大型介在物が表面近傍領域に存在しないことを非破壊検査により比較的安価に保証することができるようになる。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付の図面を参照しながら本発明の好ましい実施の形態について説明する。

#### 【0017】

図1は超音波探傷検査装置の概略図である。図中の符号11は超音波伝達媒体としての水が貯留された水槽である。その水槽11内に被検体2としてのCVTディスク（又はパワーローラでもよい）および超音波探触子3がそれぞれ水中に浸漬された状態で配置されている。

#### 【0018】

超音波探触子3はパラボラアンテナ状の反射板13を備え、指向性が強くディスク2の曲率の影響を受けにくい焦点型探触子を用いる。ディスク2は回転点テーブル15（16）上にディスク表面を探触子3の側に向けて設置されている。

ディスク2はターンテーブル15(16)の回転軸と同軸であり、両者はサーボモータ14により同期回転駆動されるようになっている。なお、符合18はサーボモータ14駆動用の制御アンプである。

#### 【0019】

図2および図3に示すように、探触子3は、パワーディスク2の半径方向と軸方向にも移動可能な2軸制御のXYテーブル22により支持されている。XYテーブル22はコントローラ26により制御される2つのドライバ22a, 22bを備えている。これらドライバ22a, 22bによりXYテーブル22と共に探触子3がディスク2の摺動面2aに沿って移動されるようになっている。

#### 【0020】

さらに、XYテーブル22はリニアガイド装置20により可動に支持されている。リニアガイド装置20はリニアガイド用コントローラ26によって制御されるサーボモータ(図示せず)を介して超音波探傷用探触子3を被検体2の軸方向に移動させるようになっており、リニアガイド用コントローラ26は被検体2の外周面に設置されたロータリエンコーダ25によって被検体2が一回転(360°)したことが検知されると、制御装置19からの指令に基づいてサーボモータを制御して探触子3を被検体2の軸方向に所定距離だけ移動させる。これにより、被検体2の全断面の探傷がなされるようになっている。

#### 【0021】

探触子3は超音波探触装置24の入力部および出力部とともに接続されている。探触子3は、超音波探触装置24からの電圧信号に応じた超音波パルスをディスク外周表面2aに向けて送信すると共に、その反射エコーを受信し、これを電圧信号に変換して超音波探傷装置24に送り返すようになっている。

#### 【0022】

超音波探傷装置24は、制御装置としてのパーソナルコンピュータ19からの指令に基づいて超音波探触用探触子3に電圧信号からなる指令信号を送信するとともに、送信した信号と受信した信号とを基にして得られた探傷情報を制御装置19に送り返すようになっている。これにより制御装置19はCRT画面上に超音波エコーを波形表示する。

【0023】

探触子3は予めディスク2のサイズに応じて決められた曲線上を所定距離移動し、ディスク2の摺動面2aに沿ってスキャン走査されるようになっている。これによりディスク2の全表面が探傷される。

【0024】

探傷は次の条件の水浸式で行った。

【0025】

探触子：焦点型探触子

周波数：10MHz

パワーディスク表面2aに入射する超音波の屈折角が30°、そして入射された超音波の屈折角が5°になるように設置し、探傷を行った。

【0026】

この検査の結果100μm以上の欠陥が全く存在しないことが確認されたディスクと100μm以上の欠陥が確認できたものを使用し、図4に示すトロイダル型CVT装置30により、以下の条件にて耐久性の評価を行った。

【0027】

(評価条件)

入力軸の回転数：4000rpm

入力トルク : 350N·m

使用オイル : 合成潤滑油

オイル温度 : 100°C

図4を参照しながらトロイダル型CVT装置30について説明する。

【0028】

図4のハウジング内に、入力ディスク31と出力ディスク32とが、同軸上に対向設置された構造を有している。この入力ディスク31および出力ディスク32を有するトロイダル変速部の軸心部分には、入力軸33が貫通されている。この入力軸33の一端には、ローディングカム34が配設されている。そして、このローディングカム34が、カムローラ35を介して入力ディスク31に、入力軸33の動力(回転力)を伝達する構造となっている。

## 【0029】

入力ディスク31および出力ディスク32は、略同一形状を有して対象に配設され、それらの対向面が協働して軸方向断面でみて、略半円形となるようにトロイダル面に形成されている。そして、入力ディスク31および出力ディスク32のトロイダル面で形成されるトロイダルキャビティ内に、入力ディスク31および出力ディスク32に接して一対の運転伝達用のパワーローラ軸受36およびパワーローラ軸受37が配設された構造を有している。

## 【0030】

なお、パワーローラ軸受36は、入力ディスク31および出力ディスク32のトロイダル面を転走するパワーローラ36a（パワーローラ軸受36を構成する内輪に相当）、外輪36bおよび複数の転動体（鋼球）36cから構成されており、他方のパワーローラ軸受37は、入力ディスク31および出力ディスク32のトロイダル面を転走するパワーローラ37a（パワーローラ軸受37を構成する内輪に相当）、外輪37bおよび複数の転動体（鋼球）37cから構成されている。

## 【0031】

すなわち、パワーローラ36aは、パワーローラ軸受36の構成要素である内輪の役割も兼ねており、パワーローラ37aは、パワーローラ軸受37の構成要素である内輪の役割も兼ねている。この構造では、パワーローラ36aは、枢軸38、外輪36bおよび複数の転動体36cを介して、トラニオン40に回転自在に枢着されると共に、入力ディスク31および出力ディスク32のトロイダル面の中心となるピボット軸50を中心として、傾転自在に支持されている。

## 【0032】

一方、パワーローラ37aは、枢軸39、外輪37bおよび複数の転動体37cを介して、トラニオン41に回転自在に枢着されると共に、入力ディスク31および出力ディスク32のトロイダル面の中心となるピボット軸50を中心として、傾転自在に支持されている。そして、入力ディスク31および出力ディスク32、パワーローラ36aおよびパワーローラ37aとの接觸面には、粘性摩擦抵抗の大きい潤滑油が供給され、入力ディスク31に入力される動力を、潤滑油

膜とパワーローラ36aおよびパワーローラ37aとを介して出力ディスク32に伝達する構造となっている。

#### 【0033】

なお、入力ディスク31および出力ディスク32は、ニードル45を介して入力軸33とは独立した状態（すなわち、回転軸33の動力に直接影響されない状態）となっている。出力ディスク32には、入力軸33と平行に配設されると共に、アンギュラ軸受42を介して図示しないハウジングに回転自在に支持された出力軸44が配設されている。

#### 【0034】

このトロイダル形無段変速機30では、入力軸33の動力が、ローディングカム34に伝達される。そして、この動力の伝達により、ローディングカム34が回転すると、この回転による動力が、カムローラ35を介して入力ディスク31に伝達され、入力ディスク31が回転する。さらに、この入力ディスク31の回転により発生した動力は、パワーローラ36aおよびパワーローラ37aを介して、出力ディスク32に伝達される。そして、出力ディスク32は、出力軸44と一緒にとなって回転する。

#### 【0035】

変速時には、トラニオン40およびトラニオン41をピボット軸50方向に微小距離だけ移動させる。すなわち、このトラニオン40およびトラニオン41の軸方向移動で、パワーローラ36aおよびパワーローラ37aの回転軸と、入力ディスク31および出力ディスク32の軸との交差が、わずかに外れる。すると、パワーローラ36aおよびパワーローラ37aの回転周速度と、入力ディスク31の回転周速度との均衡が崩れ、且つ入力ディスク31の回転駆動力の分力によって、パワーローラ36aおよびパワーローラ37aが、ピボット軸50の回りに傾転する。

#### 【0036】

このため、パワーローラ36aおよびパワーローラ37aが、入力ディスク31および出力ディスク32の曲面上を傾転し、その結果、速度比が変わり、減速または增速が行われる。

【0037】

評価結果を表2に示す。

【0038】

表2における実施例1および2は、SCR440とSCR420と鋼種は異なるものの、 $100\mu m$ 以上の欠陥が検出されなかったディスクで、耐久寿命も500時間を越えても破損を生じていない。

【0039】

実施例3は、超音波探傷により $50\mu m$ の欠陥が1個検出されたもので、500時間を越えても破損に至っていない。

【0040】

これに対して、比較例4では $100\mu m$ の欠陥が1個検出されたもので、耐久寿命は206時間となった。破損位置は欠陥位置と一致した。

【0041】

さらに、比較例5約 $500\mu m$ の欠陥が1個、 $100\mu m$ の欠陥3個が検出されたものでは、耐久寿命は53時間と短寿命となっている。

【0042】

なお、破損位置は、約 $500\mu m$ の欠陥検出位置と一致した。

【0043】

図5は横軸に欠陥サイズ( $\mu m$ )をとり、縦軸に被検体の破損寿命(時間)をとって、表面から深さ $0.5\text{ mm}$ における欠陥サイズと破損寿命との相関について調べた特性図である。各被検体の破損寿命は、欠陥サイズ $51\mu m$ では300時間以上、欠陥サイズ $72\mu m$ では約300時間、欠陥サイズ $93\mu m$ では約28時間、欠陥サイズ $101\mu m$ では約203時間、欠陥サイズ $115\mu m$ では約122時間、欠陥サイズ $131\mu m$ では約83時間、欠陥サイズ $154\mu m$ では約72時間、欠陥サイズ $203\mu m$ では約61時間、欠陥サイズ $257\mu m$ では約49時間、欠陥サイズ $309\mu m$ では約41時間、欠陥サイズ $505\mu m$ では約28時間の結果となった。このことから欠陥サイズが $100\mu m$ ( $0.1\text{ mm}$ )を超えると被検体の破損寿命が急激に低下することが判明した。

【0044】

図6は横軸に表面からの距離（欠陥位置）（mm）をとり、縦軸に被検体の破損寿命（時間）をとって、欠陥（欠陥サイズ100μm）の位置と破損寿命（時間）との相関につき調べた特性図である。各被検体の破損寿命は、欠陥位置0.11mmでは約31時間、欠陥位置0.23mmでは約43時間、欠陥位置0.31mmでは約55時間、欠陥位置0.41mmでは約60時間、欠陥位置0.5mmでは約153時間、欠陥位置0.55mmでは約210時間、欠陥位置0.62mmでは約254時間、欠陥位置0.71mmでは約277時間、欠陥位置0.83mmでは約291時間、欠陥位置0.91mmでは約300時間、欠陥位置1.03mmでは約300時間の結果となった。このことから表面から0.5mm以内に大サイズの欠陥が存在すると被検体の破損寿命が急激に低下することが判明した。

#### 【0045】

次に、超音波探傷試験の操作方法について説明する。

被検体2としてCVT入力ディスク31を用いた。この被検体2を超音波探傷用探触子3としての焦点型探触子（周波数10MHz、振動子径6mm）とともに水槽11内の水に浸漬し、この状態で被検体2の摺動面から該ディスクの最大せん断応力位置よりも深い2mmまでの探傷及びそれよりさらに深い範囲の探傷を上述した被検体2の回転と探触子3の被検体2の軸方向の移動により行って被検体2の全断面を探傷する。

#### 【0046】

なお、被検体2の軌道面表面直下から2mmまでの斜角探傷については水距離（軸受リング2の内周面と超音波探傷用探触子3との距離）を20mmにセットし、それよりさらに深い範囲の垂直探傷については水距離を15mmにセットした。

#### 【0047】

まず、被検体2の軌道面から2mmまでの深さの探傷について説明すると、被検体2の軌道面表面に探傷方向（円周方向）に対して垂直になるように、長さ10mm、幅0.5mm、深さ0.5mmの人工欠陥を形成した試験片を作成し、図1の超音波探傷検査装置を用いて超音波探傷用探触子3から送信される超音波

の入射角（軌道面に立てた法線に対して円周方向に傾く角度）を5～35°の間で変更して探傷を行った。その結果、入射角が10～30°の斜角探傷で人工欠陥30の検出が可能であり、最も感度のよい探傷条件は入射角を30°とした場合であった。

#### 【0048】

また、入射角が10°の場合においても高い探傷感度が得られたが、表面エコーと欠陥エコー（欠陥がある時のみ出る信号）の位置（最大高さの距離）が接近しており、目視での分離は可能であるものの、自動探傷とした場合に分離の判断が困難であるため、両者エコーの距離が十分に分離されている入射角が25～30°の条件が好適である。

次に、入射角10°と入射角30°にて探傷を行った際に、制御装置19のCRT画面上に表示された反射エコーの波形を観察した結果、CRT画面上では入射角30°より入射角10°の方が表面エコーと欠陥エコーの距離が接近しているのが判明した。

#### 【0049】

次に、被検体2の軌道面表面に探傷方向（円周方向）に対して平行になるよう、長さ10mm、幅0.5mm、深さ0.5mmの人工欠陥を形成した他の試験片を作成し、図1の超音波探傷検査装置を用いて超音波探傷用探触子3から送信される超音波の入射角（軌道面に立てた法線に対して円周方向に傾く角度）を5～35°の間で変更して探傷を行った。

#### 【0050】

その結果、入射角が10～30°の斜角探傷で人工欠陥40の検出は可能であり、最も感度のよい探傷条件は上記同様に入射角を30°とした場合であることが判明した。

#### 【0051】

また、入射角が10°の場合においても高い探傷感度が得られたが、表面エコーと欠陥エコーの位置（最大高さの距離）が接近しており、上記同様の理由により、両者エコーの距離が十分に分離されている入射角が25～30°の条件が好適である。

## 【0052】

次に、斜角探傷法で入射角が $30^\circ$ を越える場合について述べる。

超音波が入射角 $i_L$ で鉄、鋼である被検査物の中に入ると横波と縦波に分かれ、縦波の屈折角 $\theta_L >$ 横波の屈折角 $\theta_S$ となる。水と鉄を超音波が伝わる場合、入射角と屈折角の関係は横波だけでもみると下式(1)および(2)に示す関係にある。

## 【0053】

$$\sin \theta_S = C_2 / C_1 \cdot \sin i_L \quad \cdots (1)$$

$$\sin \theta_S = 3230 / 1500 \cdot \sin (i_L) \quad \cdots (2)$$

ただし、 $\theta_S < 90^\circ$

$C_1$ ：水中での音速 $1500 \text{ m/s}$

$C_2$ ：鉄中での音速 $3230 \text{ m/s}$ となる。

## 【0054】

超音波探傷用探触子3は発信子と同時に受信子でもあるが、受信の場合(傷信号)は逆経路(発信と同じ経路を逆にたどって)で返ってくる。エコーの強さは鉄、鋼から水に返ってくるが、返ってくる信号は横波、縦波のどちらでもよく、また、横波と縦波の両方が返ってもよい。

## 【0055】

入射角 $i_L$ がある値以上になると鉄、鋼中の屈折角が $90^\circ$ 以上となり、傷信号が表面を走るか或いは表面を反射するだけで超音波探傷用探触子3に戻ってこない。

## 【0056】

上述したように入射角 $i_L$ に対し縦波の屈折角 $\theta_L >$ 横波の屈折角 $\theta_S$ であり、しかも $\theta_L$ と $\theta_S$ のいずれかが戻ってくればよいとすると、 $\theta_S$ が返ってくる入射角の限界を考えればよいことになる。

## 【0057】

その時の入射角の限界は理論的には $\theta_S: 90^\circ$ として上記(1)、(2)式より約 $28^\circ$ となるが、実際には音波はある程度の幅を持って出されており、 $30^\circ$ までは十分に探傷可能になる。したがって、図3及び図5に示すように、入

射角が30°を越えると信号が急激に減衰する。よって斜角探傷の時の入射角の上限は30°となる。

## 【0058】

次に、被検体2の軌道面表面直下2mmより深い位置の探傷について説明する。

軸受リング2の軌道面に探傷方向（円周方向）に対して垂直にφ0.5mmの穴（人工欠陥）50を深さ3, 5, 7, 9mmの位置に個別に形成した試験片を作成し、図1に示す超音波探傷検査装置を用いて超音波探傷用探触子3から送信される超音波の入射角（軌道面に立てた法線に対して円周方向に傾く角度）を0～30°の間で変更して探傷を行った。

## 【0059】

その結果、各深さの欠陥ともに入射角が0～10°の垂直探傷での検出が好適であり、最も感度のよい探傷条件は、各深さの欠陥とも入射角を0～5°とした場合であった。

## 【0060】

このことから入射角は0～5°がより好ましいことが判る。また、入射角が0°の場合は垂直波の伝播が欠陥に対して最短距離となって表面エコーと欠陥エコーの距離が短くなるため、表面エコーと欠陥エコーの分離の点から少し傾きを持たせた入射角5°が最も好ましい。

## 【0061】

## 【表1】

表 1

欠陥番号	欠陥の大きさ	欠陥の位置
1	50μm	0.1mm
2	100μm	0.6mm
3	80μm	0.2mm
4	150μm	0.4mm

## 【0062】

【表2】

表 2

	鋼 種	検出欠陥	破損時間 (hr)
実施例1	SCR440	無し	破損せず
実施例2	SCR420	無し	破損せず
実施例3	SCR420	有り (50 μm)	破損せず
比較例1	SCR420	有り (1個)	206
比較例2	SCR420	有り (4個)	53

【0063】

## 【発明の効果】

本発明によれば、曲げ応力値の比較的大きな、表面近傍において、 $100 \mu m$  以上の大型の介在物の数を制限することを、非破壊検査にて選別することで実現し、格段に信頼性の高いCVTパワーディスクを提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

評価試験装置の概要を示す構成ブロック図。

## 【図2】

を示す断面図。

## 【図3】

軸受の内輪溝および外輪溝を示す部分拡大断面図。

## 【図4】

評価試験装置を示す概略構成図。

## 【図5】

評価試験結果を示す特性線図。

## 【図6】

評価試験結果を示す特性線図。

## 【符号の説明】

2 (31, 32, 36) …被検体、3 …超音波発振子、

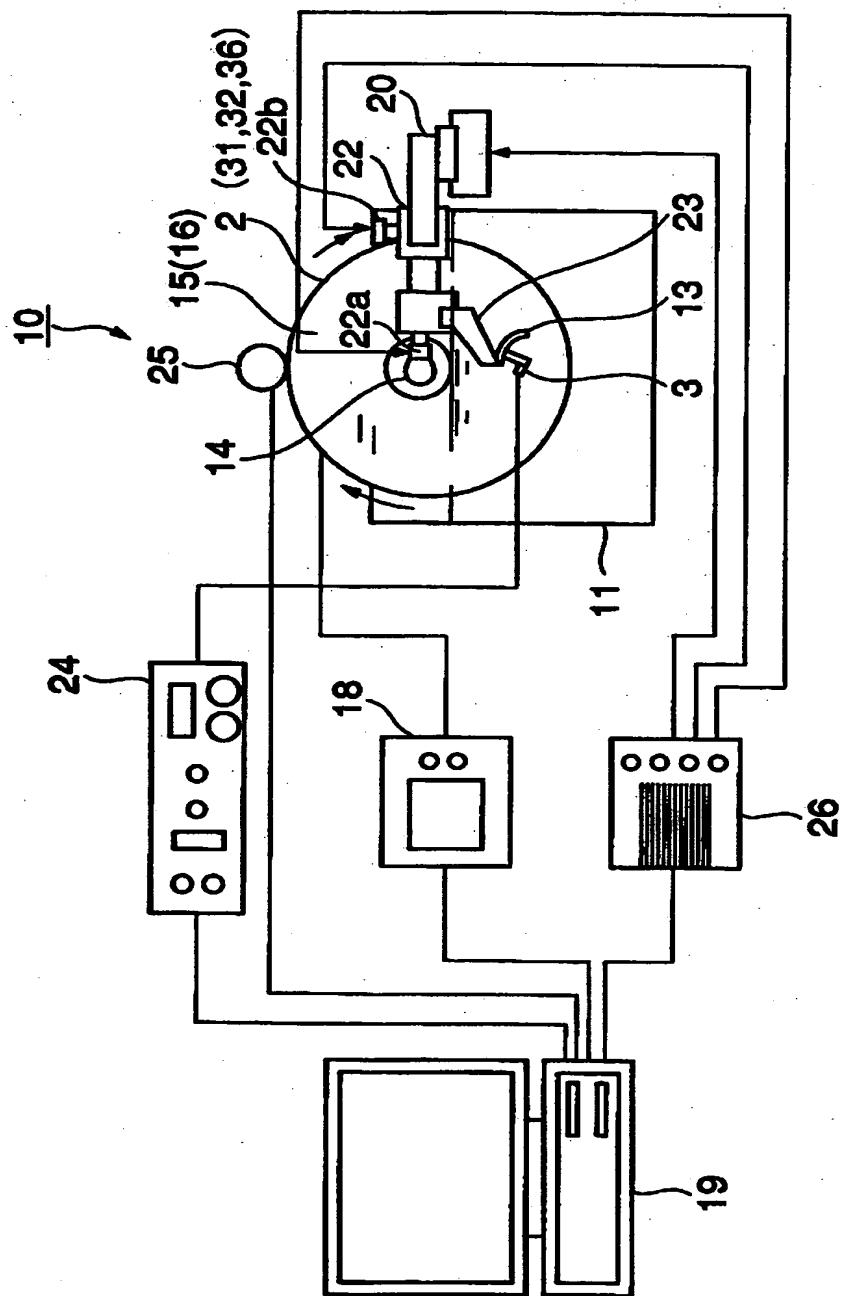
10 …評価試験機、11 …水槽、13 …反射板、

14…モータ、18…アンプ、  
19…パーソナルコンピュータ、  
20…リニアガイド装置、  
22…XYテーブル、  
24…超音波探傷装置、  
25…エンコーダ、26…コントローラ、  
30…トロイダル無段変速機（CVT）、  
31…入力ディスク、32…出力ディスク、  
33…入力軸、34…ローディングカム、  
36, 37…パワーローラ、  
38, 39…枢軸、40, 41…トラニオン、  
42…アンギュラ軸受、44…出力軸、  
50…ピボット軸。

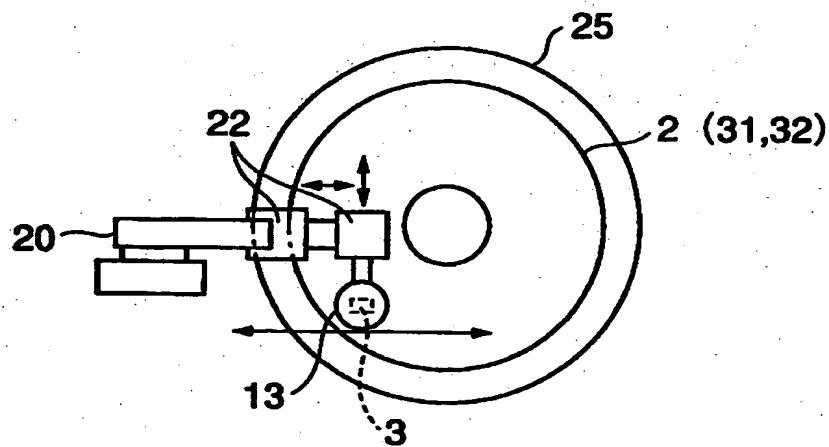
【書類名】

図面

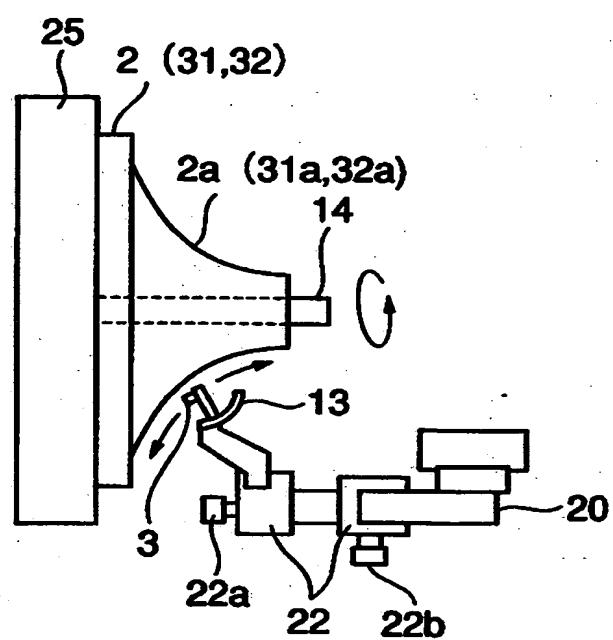
【図1】



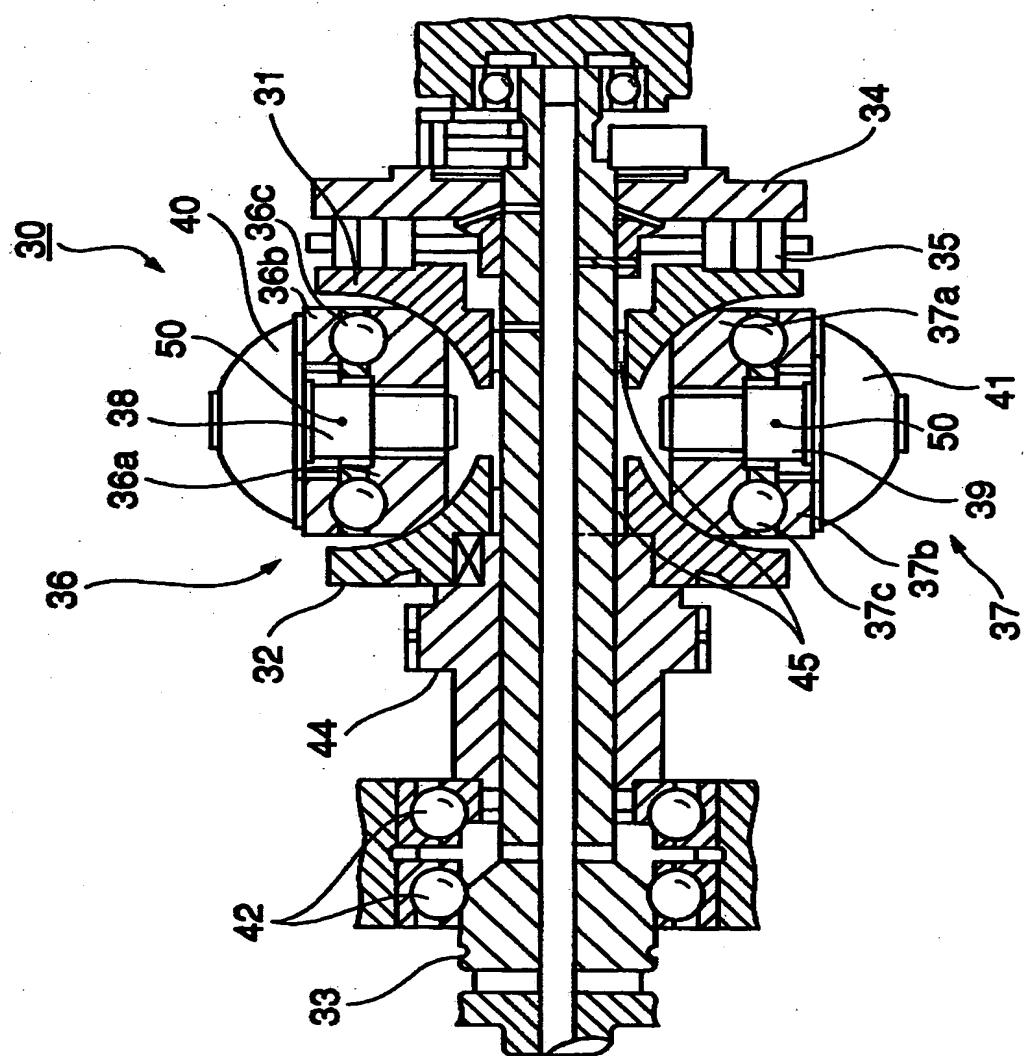
【図2】



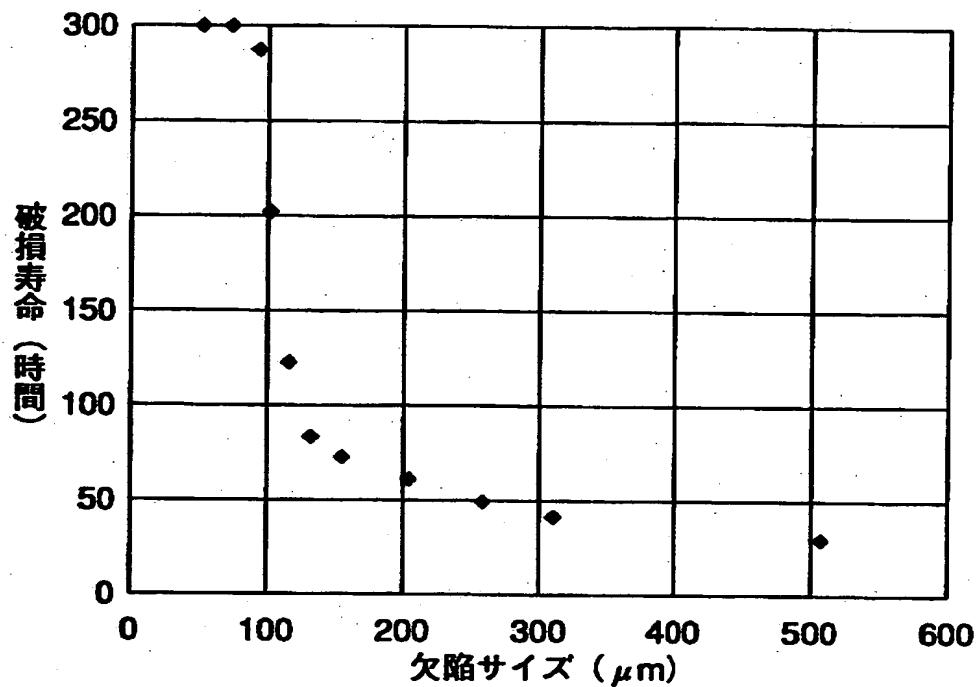
【図3】



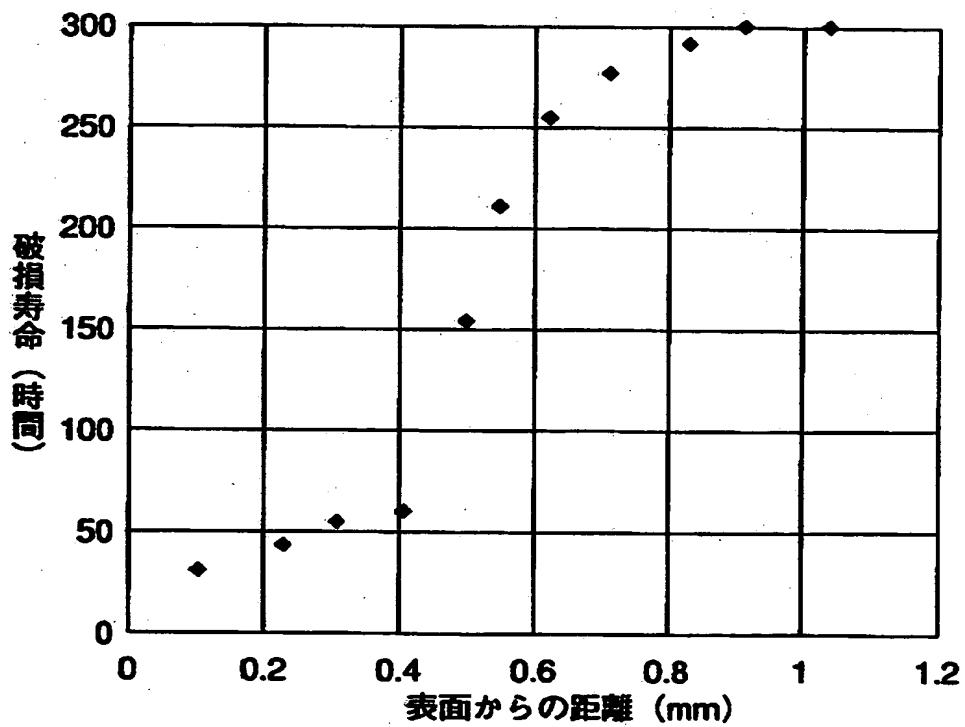
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 軌道面に剥離を生じ難い長寿命の高信頼性C V T用部材およびその評価方法を提供する。

【解決手段】 トロイダル無段変速機に用いられる鋼からなる摺動部材であって、表面から0.5 mm以内に最大径0.1 mm以上の非金属介在物を含まない。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000004204]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都品川区大崎1丁目6番3号

氏名 日本精工株式会社